

V. Rozen, V. Kalinchyk, O. Meyta  
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"  
V. Skosyrev  
SHEI "Azov State Technical University"

### ELECTRICITY CONSUMPTION OPTIMIZATION FOR CRUSHING-GRINDING COMPLEX

*The article examines modes optimization for crushing-grinding complex applying numerous objects modeling for objects which are components of complex. The modeling allows to define the time period required for crushing on every stage of grinding and to estimate the moment for transition from one stage to another. It allows to avoid superfluous energy consumption.*

**Key words:** crushing-grinding complex, optimization, model, electricity consumption.

1. Rozen V.P. Matters for informational description of crushing-grinding complex under automated managing systems formation / Rozen V.P., Meyta A.V. // Visnyk NTUU "KPI", series of "Mining", 2002, issue # 6. – p. 95-100.

2. Rozen V.P. Application of models based on the neural networks for solving of the multi-criteria management task of crushing-grinding complex / Rozen V.P., Kalinchik V.P., Meita A.V. // Visnyk NTUU "KPI", series of "Mining", 2003, issue # 8. – p. 134-141.

3. Perov V.A. Crushing, grinding and tossing mineral resources [Text] / Perov V.A., Andreev E.E., Bilenko L.F. Educational textbook. – M.: Nedra, 1990. – 318 p.

4. Belykh B.P. Electrical loads and electricity consumption on ore mining enterprises [Text] / Belykh B.P., Sverdel I.S., Oleinikov V.K. – M.: Nedra, 1971. – 248 p.

Надійшла 20.01.2015

Received 20.01.2015

УДК 621.311

К.О. Приймак; Г.Б. Варламов, д-р техн. наук, професор  
Н.В. Оліневич, О.П. Дашенко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ДОСЛІДНЕ ВИПРОБУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФАКТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБ'ЄКТУ

*Розглядаються переваги застосування створеної методології комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик енергетичного обладнання та об'єктів, реалізація якої забезпечить проведення систематизованого моніторингу, аналізу та прогнозування реального стану як окремих вузлів, агрегатів, установок так і енергетичного об'єкта в цілому. Доведені переваги використання нової програмної системи, яка реалізує алгоритм визначення фактичних характеристик з використанням зворотних зв'язків під час експлуатації енергетичного об'єкта. Нова програмна система дозволяє здійснювати визначення з високою точністю основних величин та характеристик експлуатації і фактичного стану енергетичного об'єкту та показники енерго-екологічної ефективності його роботи.*

*Здійснено аналіз результатів дослідних випробувань методології комплексної параметричної ідентифікації параметрів енергетичного об'єкту на прикладі газоперекачувального агрегату з перевіркою дієздатності зворотних зв'язків та порівняння з даними штатної системи контролю параметрів.*

*Визначено доцільність впровадження методології в реальних умовах з метою забезпечення високих показників енерго-екологічної ефективності та безпеки експлуатації високотехнологічної установки з можливістю прогнозування стану та оптимізації завантаження.*

**Ключові слова:** енергетичний об'єкт, реальний стан, методологія, параметри, фактичні характеристики, якісні показники.

© Приймак К.О.; Варламов Г.Б., Оліневич Н.В., Дашенко О.П., 2015

### **Вступ**

Експлуатація та підтримка дієздатності високотехнологічних агрегатів з дотриманням умов безпечної роботи потребують врахування та моніторингу цілого комплексу параметрів. Наприклад, існуючі системи контролю та моніторингу параметрів такої високотехнологічної та потужної установки як газоперекачувальний агрегат типу ГТК-10, здатні відслідковувати одночасно декілька сотень параметрів [1]. Але такі системи моніторингу не здатні аналізувати динаміку змін параметрів та властивостей як окремих вузлів, так і всього агрегату в цілому. В такі системи закладені стандартні алгоритми керування агрегатом, які контролюють під час експлуатації ГПА лише «вибіг» параметрів за допустимі межі, сигналізують про перевищення значень основних робочих параметрів за умовні екстремуми, або вище допустимих значень.

Цей моніторинг та контроль параметрів у реальному часі є стандартною процедурою під час роботи оперативного персоналу, який може аналізувати стан агрегату лише під час своєї робочої зміни або за короткий проміжок часу (день, місяць). Експлуатація ГПА відбувається протягом десятків років, за які в агрегаті відбуваються суттєві якісні зміни у властивостях матеріалів, вузлів та інших важливих частин агрегату. Певні корективи у властивості вузлів і агрегату в цілому вносяться під час проведення профілактичних, планових та капітальних ремонтів. Ці корективи зазвичай не враховуються у загальному тренді експлуатаційних навантажень загального терміну роботи агрегату, що може призвести до нехтування значних змін й призвести до порушень у роботі ГПА.

З метою врахування реальних змін у агрегатних вузлах та всього ГПА під час тривалого терміну експлуатації доцільно за алгоритмом здійснювати контроль фактичних характеристик енергетичних об'єктів [2,3], який має певні переваги перед існуючими штатними системами моніторингу параметрів агрегатів [4].

### **Актуальність дослідження**

Сучасні вимоги законодавчих актів України, необхідність підвищення ефективності та рівня екологічної і техногенної безпеки експлуатації енергетичних об'єктів до вимог ЄС, ратифікація країною положень Кіотського протоколу щодо діагностики рівня забруднення навколишнього природного середовища (НПС) шкідливими викидами паливоспалювальних об'єктів накладають особливі умови до якісного контролю та науково-обґрунтованого аналізу цих викидів. Це особливо стає актуальним у зв'язку з прийняттям Енергетичної стратегії розвитку України на період до 2030 року та розробкою різного рівня програм та планів широкого впровадження у теплоенергетичну та інші енерговитратні галузі економіки країни установок на базі ГТУ та різних теплових схем з їх використанням.

На часі створення методологічних основ нового якісного енерго-екологічного менеджменту в управлінні і експлуатації енергетичних об'єктів з врахуванням у реальному часі комплексу параметрів та властивостей високотехнологічного енергетичного обладнання з метою дотримання високого рівня енергетичної ефективності й екологічної безпеки з одночасним супроводженням відповідних процедур енерго-екологічного аналізу, в тому числі проведення аудиту, експертизи та моніторингу. Розроблена методологія комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик (КППФХ) [5] має на меті допомогти у вирішенні такої складної й важливої для країни задачі, як забезпечення дотримання вимог ЄС щодо умов безпечної та ефективної експлуатації енергетичних об'єктів.

### **Мета проведення дослідних випробувань**

Адекватність та результативність проведення всіх процедур енерго-екологічного менеджменту (ЕЕМ) енергетичних об'єктів, агрегатів та установок та основні завдання ЕЕМ здатні забезпечити системи моніторингу, які працюють на основі КППФХ [6-8].

Усі види енерго-екологічного аналізу потребують дотримання відповідних принципів ефективної їх реалізації та чітко визначених критеріїв адекватності [8-11].

Особливою вимогою ефективності та результативності енерго-екологічного менеджменту є здатність здійснення за його допомогою якісного аналізу стану енергетичного об'єкту із застосуванням адекватних критеріїв експлуатаційної надійності, ефективності й екологічної безпеки, які являють собою взаємозалежну систему факторів, параметрів та показників. При цьому: параметри експлуатації дозволяють визначати реальний стан агрегатів, показники характеризують кількісний рівень параметрів експлуатації, а фактори визначають форми впливу на енергетичні й екологічні показники експлуатації, дозволяють аналізувати ситуацію і відображають сукупність напрямків та джерел зміни умов роботи обладнання для покращення енерго-екологічних показників.

Створена методологія комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик енергетичного об'єкта базується на використанні комплексу параметрів з існуючої системи моніторингу агрегата й визначає основні показники, що якісно і кількісно відображають функціонально-технічний стан обладнання, екологічну безпеку, надійність та робочий термін експлуатації [6,8].

Метою проведення дослідних випробувань методології КППФХ на конкретному газоперекачувальному агрегаті у складі діючої компресорної станції (КС) магістрального газопроводу (МГ) є визначення умов роботи закладеного в систему нового алгоритму параметричної

ідентифікації параметрів роботи агрегату з метою досягнення більш точних значень показників експлуатації та можливості прогнозування його робото спроможного стану на перспективу.

#### Умови та особливості підготовки проведення дослідних випробувань

Газотранспортна система (ГТС) відіграє дуже важливу роль в забезпеченні енергетичними ресурсами різних галузей економіки країни. Її роботоспроможність впливає на енергетичну незалежність держави і на макроекономічні показники виробництва валового продукту (ВВП) країни. Тому, питання надійності й економічної ефективності разом з питанням екологічної безпеки експлуатації ГТС є вкрай важливою складовою частиною державної політики і незалежності країни. Основними об'єктами, що забезпечують транспортування природного газоподібного палива до споживачів в країні є газоперекачувальні агрегати у складі КС. До складу КС, як основного технологічного елементу МГ, входять декілька ГПА. Кількість типів ГПА, які використовуються у складі КС, нараховується понад 25 різновидів, а їх загальна кількість перевищує 700 одиниць [12].

Аналіз даних по потужності ГПА, що використовуються на магістральних газопроводах, показує, що її значення знаходяться в діапазоні від 2 до 25 МВт, а паспортний коефіцієнт корисної дії (ККД) даних агрегатів змінюється в діапазоні 24-35%, що значно нижчий від вже досягнутих значень іноземних фірм (36-38%). Це призводить до неузгодженості у визначеності технологічних, термодинамічних і газодинамічних показників експлуатації КС та МГ газопроводу в цілому.

Для реалізації даної цілі було обрано широко розповсюджений на МГ країни агрегат типу ГТК-10, яких налічується понад 60 одиниць. Для даного типу ГПА було здійснено дослідно-промислові випробування КППФХ на КС «Бердичів» з проведенням системного аналізу параметрів та показників кожного елементу та агрегату в цілому.

Для здійснення перевірки роботоспроможності розробленої методології КППФ здійснено розробку блок-схеми аналізу основних показників роботи ГПА вказаного типу, яка наведена на рисунку 1. Такий підхід дозволяє визначити основні та другорядні параметри та показники, що характеризують фактори впливу умов експлуатації ГПА на його енерго-екологічні показники за допомогою розробленого алгоритму параметричної ідентифікації фактичних характеристик [2-3,5,7].

Розроблений алгоритм покладено в основу створення програми контролю, перевірки на адекватність та обрахунку основних характеристик й показників експлуатації ГПА у реальних умовах з встановленням зворотних зв'язків на точність визначення параметрів, що контролюються штатними датчиками та приладами [10,11].

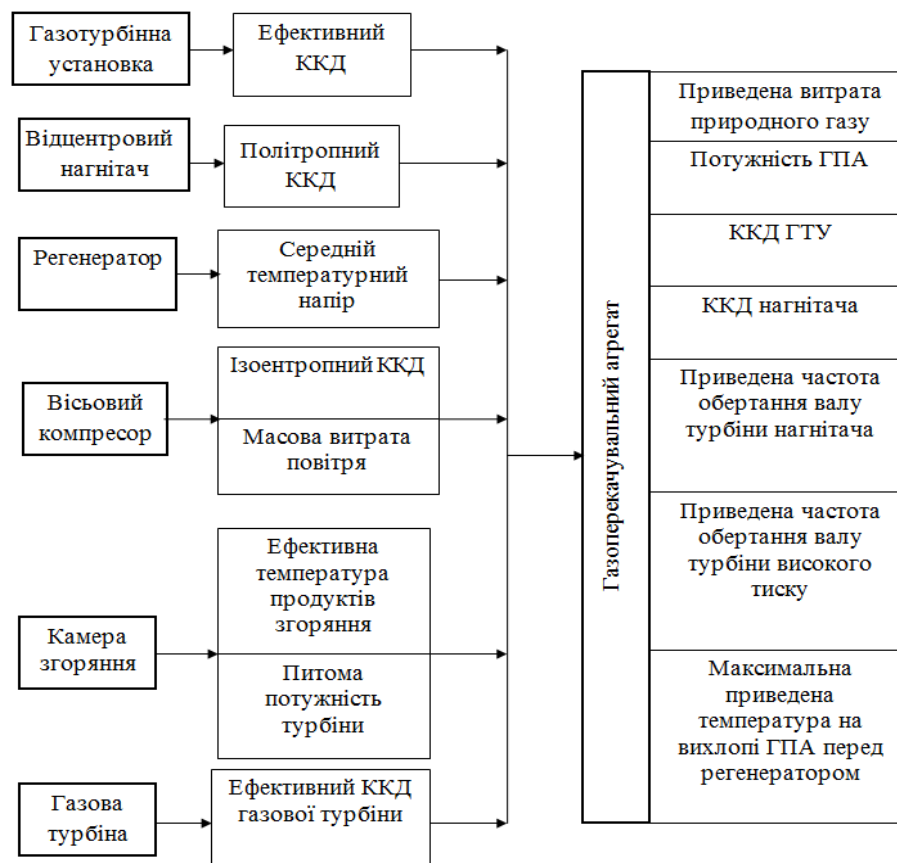


Рис.1 Блок-схема основних показників ефективної роботи ГПА

Для перевірки адекватності програмної системи КПФХ ГПА та методології в цілому було проведено порівняння даних теплотехнічного обстеження агрегату типу ГТК-10 на КС «Бердичів» з даними реальних випробувань агрегату в ідентичних початкових і граничних умовах, закладених у програмний комплекс. Програмна система КПФХ була підключена до існуючої системи моніторингу параметрів ГПА за допомогою спеціальних шлейфів без можливості впливу на показники штатних датчиків та приладів. Це повністю гарантувало відсутність впливу програмного комплексу КПФХ на реальні значення параметрів й показників експлуатації агрегату.

#### Аналіз отриманих результатів

Отримані значення параметрів зі штатної системи моніторингу ГПА дозволив здійснити комплексний їх аналіз із зворотними зв'язками на точність показань штатних датчиків та приладів, розрахувати основні показники роботи за наведеними блок-схемою (рис.1) та алгоритмом з визначенням похибок та загальних характеристик про стан експлуатації основних частин та агрегату ГТК-10 в цілому.

Комплексний аналіз базувався на даних теплотехнічного обстеження під час випробувань на трьох режимах ГПА типу ГТК-10 ст.№1 КС «Бердичів» УМГ «Київтрансгаз» (табл.1). Виміри параметрів здійснювались у штатних точках за допомогою штатних технічних засобів та спеціальних вимірювальних приладів (термометр ртутний TGL 11998, загально станційний вимірювач «Флоутек-ТМ», аналізатор спектра DC-2110, газоаналізатор «Testo 342-2» тощо). Отримані дані основних семи параметрів, які характеризують теплотехнічний стан та ефективність роботи ГПА, покладені в основу системного аналізу показників у вигляді системи графіків залежностей.

Таблиця 1

Основні показники та значення параметрів ГПА типу ГТК-10 під час випробувань системи КПФХ

№п/п	Найменування показника	Позначення	Розмірність	Значення		
				1 режим	2 режим	3 режим
1	Ефективний ККД ГТУ	$\eta_e$	-	0,309*	0,313	0,320
				0,311	0,310	0,309
2	Приведена ефективна потужність	$N_{ГПА}$	кВт	8214	8758	9335
				8220	8740	9310
3	Приведені оберти ТНТ	$n_{ТНТпр}$	об/хв	4580	4784	4886
				4579	4781	4880
4	Приведена температура за ТНТ	$t_{2пр}$	°C	511,2	525,7	534,0
				509,4	528,3	537,0
5	Приведена витрата паливного газу	$G_{гв пр}$	м³/год	2774	2918	3038
				2773	2917	3040
6	Частота обертів ТВТ	$n_{ТВТ}$	об/хв	4740	4857	4915
				4738	4854	4901
7	Політропний ККД ВЦН	$\eta_{пол}$	-	0,777	0,808	0,828
				0,774	0,803	0,820

\*В таблицю занесені дані трьох режимів навантаження ГПА при проведенні теплотехнічних обстежень:

- верхній показник у строчці показника – значення штатної системи моніторингу і контролю;
- нижній показник – значення показника з використанням методології КПФХ

За даними дослідно-промислових випробувань програмної системи з використанням методології КПФХ системно проаналізовані значення показників та побудовані відповідні залежності (рис.2-5) основних характеристик експлуатації ГПА типу ГТК-10 ст. №2 КС «Бердичів» УМГ «Київтрансгаз» з нанесенням на них значень величин від штатної системи моніторингу агрегату та нової програмної системи з використанням КПФХ.

Значення параметрів, що вимірювались штатними датчиками чи приладами, та величини, що розраховувались за діючими в організації методиками [13] та оброблені методом найменших квадратів, представлені у вигляді лінії 1.

Дані, що фіксувались програмною системою з врахуванням методології КПФХ, оброблені аналогічним методом та нанесені на графіки у вигляді лінії 2.

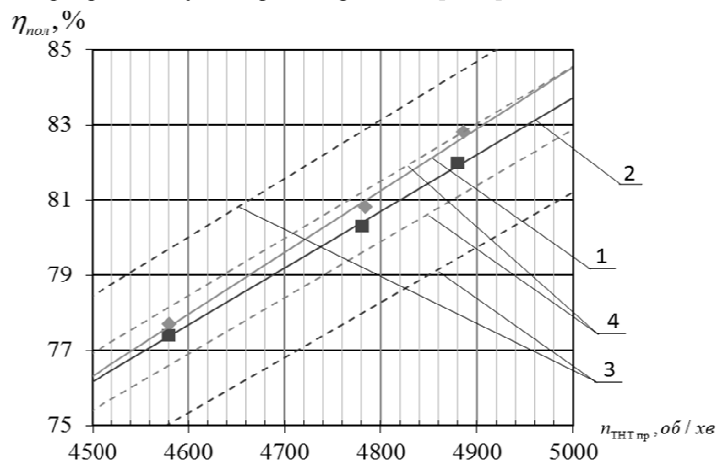
Враховуючи, що штатна система вимірювань має дозволу похибку визначення значень параметрів та величин у розмірі до 5%, на графіки нанесені пунктирні лінії паралельно лінії 2 на

відстані +5% та -5%. Ці пунктирні лінії показують можливі відхилення значень параметрів чи розрахованих величин у дозволених секторах похибки.

Наприклад, на графіку залежності політропного ККД відцентрового нагнітача (ВЦН) природного газу від приведеної кількості обертів турбіни низького тиску  $n_{\text{ТНТ}}$  (рис.2) усі дані спостережень під час дослідно-промислових випробувань знаходяться у межах дозвільної похибки у 5%.

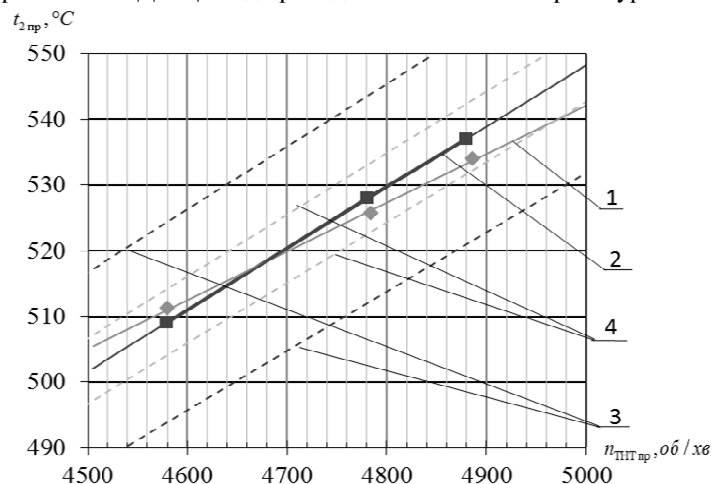
Програмна система, що реалізує методологію КППФХ, дозволяє змінювати розмір похибки для кожного конкретного параметра чи величини і встановлюється оператором відповідно до важливості параметра. У даних дослідно-промислових випробуваннях похибка програмної системи КППФХ була встановлена на рівні 1% для усіх параметрів та величин. Пунктирні лінії, що відповідають можливим змінам параметрів та величин у межах 1%, нанесені паралельно лініям отриманих даних за методологією КППФХ.

Таким чином, на графіках нанесено паралельні пунктирні лінії, які дозволяють здійснювати оцінку за штатними формами контролю від діючої системи моніторингу параметрів з величиною у 5%, та паралельні пунктирні лінії, що дозволяють визначити значення параметрів та величин з точністю до 1% за методологією КППФХ, що розроблена у попередніх роботах [2-11].



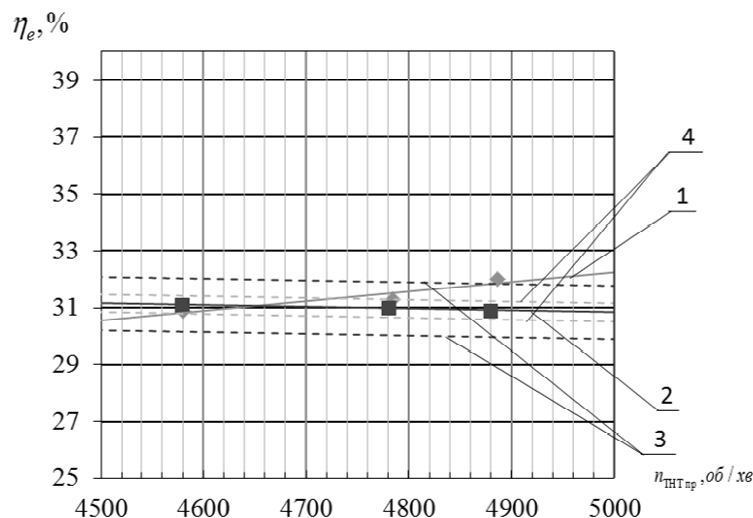
1 – лінія тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів; 2 – лінія тренду даних дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА;  $\blacklozenge$  – дані теплотехнічних обстежень агрегату типу ГТК-10-4 штатними приладами за існуючими методиками [13];  $\blacksquare$  – дані дослідних випробувань ГПА з використанням методології КППФХ

Рис. 2 Залежність політропного ККД ВЦН від приведеної кількості обертів турбіни низького тиску  $n_{\text{ТНТ}}$



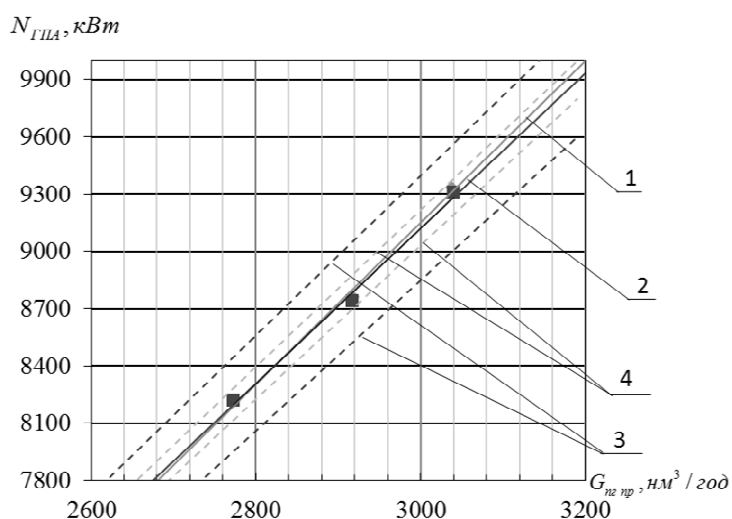
1 – лінія тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів; 2 – лінія тренду даних дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА;  $\blacklozenge$  – дані теплотехнічних обстежень агрегату типу ГТК-10-4 штатними приладами за існуючими методиками [13];  $\blacksquare$  – дані дослідних випробувань ГПА з використанням методології КППФХ

Рис. 3 Залежність приведеної температури за ТНТ  $t_{2,ТНТ}$  від обертів ТНТ  $n_{\text{ТНТ}}$



1 – лінія тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів; 2 – лінія тренду даних дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА;  $\blacklozenge$  – дані теплотехнічних обстежень агрегату типу ГТК-10-4 штатними приладами за існуючими методиками [13];  $\blacksquare$  – дані дослідних випробувань ГПА з використанням методології КППФХ.

Рис. 4 Залежність ефективного ККД ГТУ від приведених обертів ТНТ



1 – лінія тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів; 2 – лінія тренду даних дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА;  $\blacklozenge$  – дані теплотехнічних обстежень агрегату типу ГТК-10-4 штатними приладами за існуючими методиками [13];  $\blacksquare$  – дані дослідних випробувань ГПА з використанням методології КППФХ

Рис. 5 Залежність ефективної потужності ГПА від приведеної витрати паливного газу

Загальний аналіз наведених залежностей свідчить, що отримані дані під час дослідних випробувань ГПА типу ГТК-10 відповідають встановленим залежностям з похибкою, яка не перевищує 1% за винятком даних залежності ефективного ККД ГТУ від приведених обертів ТНТ (рис.4), для якої похибка на максимальних обертах (5000 об/хв) становить 1,3%. Це свідчить, що отримані дані теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів та даних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА знаходяться у межах похибковості, що не перевищує 1,3 %.

Разом з цим, очевидними на графіках є розбіжності у тенденціях зміни (нахилу ліній трендів до осі абсцис) параметрів та величин, що змушує більш прискіпливо проаналізувати отримані результати.

Лінії тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів мають вигляд сталих характеристик, які відповідають паспортним

(штатним) залежностям. Це підтверджує хибність діючих методик для застосування при промислових дослідках та обробки результатів теплотехнічних випробувань агрегатів після ремонтів, що знаходяться у довготерміновій експлуатації. Штатна (прийнята у організації) методика [13] не враховує якісних змін у стані вузлів та деталей агрегату й розраховує техніко-економічні величини й характеристики із допущенням, що вони є сталими з моменту пуску агрегату у роботу.

Таким чином вважається, що після капітальних та планових ремонтів вузлів, складних частин, деталей й самого агрегату його властивості та характеристики відновлюються до паспортних (початкових чи ідеальних) значень.

Такий підхід з часом унеможливить виявлення на ранньому етапі відхилень від реальних показників і умов експлуатації агрегату й може призвести до раптових відмов вузлів, окремих складових частин агрегату та аварійної зупинки, що може вплинути негативно на термін робочого ресурсу й енерго-екологічну ефективність роботи газоперекачувального агрегату.

Тому теза, що характеристики ГПА під час тривалої та довготермінової експлуатації є сталими, з часом не змінюються, не хибною. Це підтверджується дослідними випробуваннями ГПА з використанням розробленої методології КППФХ.

Лінії тренду отриманих значень параметрів та характеристик дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА мають більш реальний характер й реалістичну тенденцію у зміні техніко-економічних показників експлуатації. Методологія КППФХ дозволяє здійснити точну параметричну ідентифікацію величин та параметрів за допомогою зворотних зв'язків й використовує фактичні характеристики агрегату, що експлуатується протягом тривалого часу (понад 100 тис. годин) у навантаженому режимі.

Це означає, що методологія КППФХ здійснює реалістичну оцінку основних характеристик агрегату. Окрім того, накопичення даних за два-три роки експлуатації ГПА (понад 10 тис. годин) дозволяє при застосуванні методології КППФХ не тільки більш точно визначати фактичні характеристики експлуатації агрегату, а й прогнозувати стан ГПА на перспективу, оптимізувати терміни проведення планових й капітальних ремонтів, визначати якість проведення таких ремонтів.

Фактично, застосування методології комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик стану й умов експлуатації газоперекачувального агрегату дозволяє перейти на новий якісний рівень менеджменту у газотранспортній системі з оптимізацією навантаження агрегатів як на окремих КС, так і на магістральному газопроводі з додержанням високих техніко-економічних та енерго-екологічних показників транспортування природного газу газотранспортною мережею країни.

### **Висновки**

Проведення дослідно-промислових випробувань програмної системи з використанням методології та алгоритмів КППФХ на конкретному газоперекачувальному агрегаті типу ГТК-10 дозволили здійснити комплексний системний аналіз визначення та порівняння параметрів та величин експлуатації ГПА за штатною (прийнятою на енергетичному об'єкті) системою та з використанням нових підходів КППФХ на основі зворотних зв'язків та комплексних обчислень та перевірок на адекватність.

Під час досліджень виявлені переваги програмної системи з використанням методології КППФХ у порівнянні із штатною системою моніторингу параметрів експлуатації ГПА, до яких доцільно віднести наступні основні:

- новий підхід та нова методологія аналізує параметри та характеристики експлуатації агрегату більш точно за рахунок комплексної перевірки параметрів на адекватність за допомогою зворотних зв'язків;
- підключення нової програмної системи до існуючої штатної системи контролю параметрів агрегату дозволяє отримати більш точні дані спостережень за станом агрегату під час експлуатації;
- з використанням нової методології, яка ідентифікує фактичні характеристики експлуатації на новому якісному рівні, відкривається можливість здійснення прогнозування стану агрегату на найближчу перспективу;
- нова система КППФХ дозволяє розробляти оптимальні графіки завантаження агрегатів та здійснення планових та капітальних ремонтів ГПА у складі як КС так і для всього МГ;
- відкривається можливість переходу на новий якісний рівень менеджменту й управління газотранспортною системою країни з врахуванням комплексу чинників та впливів з метою підвищення рівня її енерго-екологічної ефективності функціонування;
- з'являється можливість діагностування та упередження на ранніх стадіях незворотних негативних відхилень параметрів й технічного стану як окремих вузлів, так і агрегату в цілому від нормованих допустимих значень та стану, що підвищує рівень техногенної та екологічної безпеки експлуатації ГПА, КС, МГ й всієї газотранспортної магістралі.

**Список літератури**

1. Варламов Г.Б., Позняков П.О., Юрашев Д.М. Комплексні дослідження енергоекологічних показників експлуатації ГТУ у складі газоперекачувального агрегату типу ГТК-10 // *Энергосбережение, энергетика, энергоаудит*. – 2012. – №01 (95).– С. 15–25.
2. Варламов Г.Б., Приймак К.О. Алгоритм параметричної ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувального агрегату компресорної станції // *Энергосбережение, энергетика, энергоаудит*. – 2011. – №12 (94). – С. 10-13.
3. Патент України на корисну модель № 67093. Методика параметричної ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувального агрегату компресорної станції/ Варламов Г.Б., Приймак К.О., Косинський І.С., Мельник Л.П., Шапошник Є.М.; виданий 25.01.2012р., бюл. № 2, 10 стор.
4. Варламов Г.Б., Приймак Е.А. Фактические характеристики эксплуатации ГТУ: идентификация и мониторинг // IV Межведомственная конференция «Проблемы и разработки низкоэмиссионных камер сгорания ГТУ», ЦИАМ 4-6 декабря 2012 г. – Москва.– С.6-9.
5. Варламов Г.Б., Приймак К.О. Комплексная параметрическая идентификация фактических характеристик эксплуатации энергообъектов // VIII Міжнародна науково-практична конференція "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення": Зб.наук.ст. У 2-х томах, Т.2 / УкрНДІЕП. – Ч.: Райдер, 2012. – С.222-223.
6. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Чердніченко О.Ю., Підзирайло Л.М. Загальні особливості методології параметричного визначення фактичних характеристик газоперекачувального агрегату // Збірник проблеми нафтогазової промисловості: Збірник наукових праць. – Київ. – 2012. – № 10. – С.307-331.
7. Патент України на корисну модель №71955 Комплексна параметрична ідентифікація фактичних характеристик газоперекачувального агрегату / Варламов Г.Б., Приймак К.О., Шапошник Є.М.; виданий 25.07.2012р., бюл. № 14, 4 стор.
8. Варламов Г.Б., Приймак К.О. Системный анализ базовых методик идентификации фактических характеристик газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. – 2013. – № 2. – С.66-72.
9. Варламов Г.Б., Приймак Е.А. Фактические характеристики оборудования компрессорных станций и оптимизация загрузки магистрального газопровода // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2013. – № 5/8 (65). – С.10-13.
10. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Шварцзова Х. Загальні підходи до створення методологічних основ енерго-екологічного аналізу експлуатації об'єктів ПЕК // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. – 2013.– № 10 (116). – С.2-9.
11. Varlamov G., Pryimak K. Technology of comprehensive parametric diagnostics of power facility operating condition // *Innovations and Technologies News*. – 2014. – №1. – С. 3-9.
12. Паливно – енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень // Шидловський А.К., Стогній Б.С., Кулик М.М., Півняк Г.Г., Кириленко О.В. та інші. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468с.
13. Тимчасова методика розрахунку теплотехнічних параметрів ГТД ГТК-10-4[Текст]. –М.: НВЦ «Техдіагаз», 2010 р. – 15 с.

**K. Pryimak, G. Varlamov, N. Olinevych, O. Dashchenko**

**National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"**

**RESEARCH TRIALS METHODOLOGY OF COMPLEX PARAMETRIC IDENTIFICATION  
OF PARAMETERS OF POWER FACILITIES**

*Considered the advantages of using established methodologies integrated parametric identification of the actual characteristics of the power equipment and facilities, the implementation of which will undertake a systematic monitoring, analysis and prediction of the actual state of individual components, assemblies, installations and energy facility as a whole. Proven benefits of using the new software system that implements the algorithm for determining the actual performance with the use of feedback in the operation of energy facilities. The new software system enables highly accurate determination of the basic quantities and characteristics of the operation and actual condition of power facility and performance energy and environmental efficiency.*

*The analysis of the results of research testing methodology integrated parametric identification parameters of the energy of the object on the example of pumping unit with a capacity check feedbacks and compared with standard control system parameters.*

*Determined the feasibility of the methodology in real conditions to ensure high levels of energy and environmental efficiency and safety of operation of high-tech installation with the ability to predict the state and load optimization.*



**Keywords:** energy facilities, real state, methodologies, parameters, the actual characteristics, quality indicators.

1. Varlamov G. B., Poznjakov P.O., Jurashev D. M. Complex researches of energyecological indexes of exploitation of GTU are in composition gascompressor unit // *Energoberezhnie, energetika, energoaudit.* – 2012. – №01 (95).– S. 15–25.
2. Varlamov G.B., Priymak K.O. The algorithm of parametric definition the actual characteristics of gas compressor unit of compressor station // *Energoberezhnie, energetika, energoaudit.* – 2012. – №12 (94).– S. 10–13.
3. Patent Ukraini na korisnu model № 67093. Metodika parametrichnoyi identifikatsiyi faktichnih harakteristik gazoperekachuvalnogo agregatu kompresornoyi stantsiyi/ Varlamov G.B., Priymak K.O., Kosinskiy I.S., Melnik L.P., Shaposhnik E.M.; vidaniy 25.01.2012r., byul. № 2, 10 stor.
4. Varlamov G.B., Priymak E.A. Fakticheskie harakteristiki ekspluatatsii GTU: identifikatsiya i monitoring // IV Mezhdvoststvennaya konferentsiya «Problemy i razrabotki nihkoemisionnyih kamer sgoraniya GTU», TsIAM 4-6 dekabrya 2012 g. – Moskva.– S.6-9.
5. Varlamov G.B., Priymak K.O. Kompleksnaya parametricheskaya identifikatsiya fakticheskikh harakteristik ekspluatatsii energoob'ektov // VIII Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya "Ekologichna bezpeka: problemi i shlyahi virishennya": Zb.nauk.st. U 2-h tomah, T.2 / UkrNDIEP. – Ch.:Rayder, 2012. – S.222-223.
6. Varlamov G.B., Priymak K.O., Cherednichenko O.Yu., Pidziraylo L.M. Zagalni osoblivosti metodologiyi parametrichnogo viznachennya faktichnih harakteristik gazoperekachuvalnogo agregatu // Zbirnik problemi naftogazovoyi promislivosti: ZbIrnik naukovih prats. – Kiyiv. – 2012. – №10. – S.307-331.
7. Patent Ukraini na korisnu model №71955 Kompleksna parametrichna identifikatsiya faktichnih harakteristik gazoperekachuvalnogo agregatu / Varlamov G.B., Priymak K.O., Shaposhnik E.M.; vidaniy 25.07.2012r., byul. № 14, 4 stor.
8. Varlamov G.B., Priymak K.O. Sistemniy analiz bazoviy metodik identifikatsii fakticheskikh harakteristik gazoperekachivayuschih agregatov kompressorniy stantsiy // *Energotehnologii i resursoberezhnie.* – 2013. – № 2. – S.66-72.
9. Varlamov G.B., Priymak E.A. Fakticheskie harakteristiki oborudovaniya kompressorniy stantsiy i optimizatsiya zagruzki magistralnogo gazoprovoda // *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredoviy tehnologiy.* – 2013. – № 5/8 (65). – S.10-13.
10. Varlamov G.B., Priymak K.O., Schwarczova H., General approaches to creating methodological foundations of energy-environmental analysis of operation fuel-energy complex (fec) // *Energoberezhnie. Energetika. Energoaudit/* – 2013/ – № 10 (116). – S. 2-9.
11. Varlamov G.B., Priymak K.O. Technology of comprehensive parametric diagnostics of power facility operating condition // *Innovations and Technologies News*, 2014. – №1. – P. 3-9.
12. Palivno – energetichniy kompleks Ukraini v konteksti globalnih energetichnih peretvoren / Shidlovskiy A.K., Stogniy B.S., Kulik M.M., Pivnyak G.G., Kirilenko O.V. ta insh. – K.: Ukrayinski entsiklopedichni znannya, 2004. – 468s.
13. Timchasova metodika rozrahunku teplotekhnichnih parametriv GTD GTK-10-4[Tekst]. –M.: NVTs «Tehdiagaz», 2010. – 15 s.

УДК 621.311

**Е.А. Приймак; Г.Б. Варламов**, д-р техн. наук, профессор  
**Н.В. Олиневич, О.П. Дашенко**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ИСПЫТАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ  
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

*Рассматриваются преимущества применения созданной методологии комплексной параметрической идентификации фактических характеристик энергетического оборудования и объектов, реализация которой обеспечит проведение систематизированного мониторинга, анализа и прогнозирования реального состояния как отдельных узлов, агрегатов, установок, так и энергетического объекта в целом. Доказаны преимущества использования новой программной системы, которая реализует алгоритм определения фактических характеристик с использованием обратных связей при эксплуатации энергетического объекта. Новая программная система позволяет осуществлять определение с высокой точностью основных величин и характеристик эксплуатации и фактического состояния энергетического объекта и показатели энерго-экологической эффективности его работы.*

*Осуществлен анализ результатов исследовательских испытаний методологии комплексной параметрической идентификации параметров энергетического объекта на примере газоперекачивающего агрегата с проверкой дееспособности обратных связей и сравнение с данными штатной системы контроля параметров.*

*Определена целесообразность внедрения методологии в реальных условиях с целью обеспечения высоких показателей энерго-экологической эффективности и безопасности эксплуатации высокотехнологичной установки с возможностью прогнозирования состояния и оптимизации загрузки.*

**Ключевые слова:** энергетический объект, реальное состояние, методология, параметры, фактические характеристики, качественные показатели.

Надійшла 03.02.2015

Received 03.02.2015

УДК 621.311

**Н.В. Буслова** канд. техн. наук, доцент; **Ю.Ю. Малыш**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

## **ГАЗОИЗОЛИРОВАННЫЕ ЛИНИИ КАК СОВРЕМЕННОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ**

*В статье рассматривается проблема современных мегаполисов, связанная с необходимостью увеличения мощности городских сетей. В связи с этим в работе исследовано использование газоизолированных линий электропередач (ГИЛ) с повышенной пропускной способностью, и выполнен сравнительный анализ с другими конструкциями линий.*

**Ключевые слова:** газоизолированная линия электропередач, пропускная способность, кабельная линия, воздушная линия, изолятор, оболочка, элегаз, потери, изоляция.

### **Введение.**

В настоящее время потребность в электроэнергии больших городов возрастает. Это ставит задачу по увеличению пропускной способности городских сетей, но, как известно, основная проблема электроснабжения городов - это отсутствие коридоров для воздушных линий (ВЛ), ограниченное пространство кабельных туннелей, а также площадок для сооружения подстанций. Подобные проблемы существуют не только в городах, но и актуальны при выводе больших мощностей из центров их производства, а также для объектов с повышенным требованием снижения электромагнитных полей. Исходя из изложенной проблемы, нужно найти решение по увеличению пропускной способности за счет использования новых технологий в системах электропередач.

Одна из таких технологий предусматривает использование газоизолированных линий электропередач (ГИЛ), в которых диэлектриком служит элегаз с избыточным давлением.

### **Постановка задачи.**

Исследовать возможность применения ГИЛ в электрических сетях как средство повышения пропускной способности и выполнить сравнительный анализ ГИЛ с другими конструкциями линий.

### **Основная часть.**

Следует отметить, что современные кабельные линии (КЛ) рассчитаны на критические мощности (до 1700 МВт), а также по условиям термической стойкости они плохо приспособлены для передачи электроэнергии на расстояния, большие нескольких десятков километров. Помимо этого, они пожароопасны, имеют электромагнитное поле и существенные проблемы при вертикальной прокладке [1].

По конструктивному исполнению элегазовая линия не имеет сложных технических решений, она представляет собой коаксиальную конструкцию, проводник в которой поддерживается опорными изоляторами в центре заземленной оболочки (рисунок 1).